

UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

1938-1939. — N° 56

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE

DE LA

CONDUCTIBILITÉ ÉLECTRIQUE DES URINES

ET DE L'ÉLIMINATION DES ÉLECTROLYTES PAR LE REIN

THÈSE POUR LE DOCTORAT EN MÉDECINE

présentée et soutenue publiquement le mercredi 21 décembre 1938

PAR

Jean-Gilbert FERLUT

Né à VENDAYS (Gironde), le 20 mars 1909

Examineurs de la Thèse	{	MM. WANGERMEZ, professeur	<i>Président.</i>
		FABRE, professeur	<i>Juges.</i>
		DE GRAILLY, agrégé	
		DARGET, agrégé	

BORDEAUX

IMPRIMERIE-LIBRAIRIE DELMAS

6, place Saint-Christoly

1938



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548612_0060

UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

1938-1939. — N° 56

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE

DE LA

CONDUCTIBILITÉ ÉLECTRIQUE DES URINES

ET DE L'ÉLIMINATION DES ÉLECTROLYTES PAR LE REIN

THÈSE POUR LE DOCTORAT EN MÉDECINE

présentée et soutenue publiquement le mercredi 21 décembre 1938

PAR

Jean-Gilbert FERLUT

Né à VENDAYS (Gironde), le 20 mars 1909

Examineurs de la Thèse	{	MM. WANGERMEZ, professeur	Président.
		FABRE, professeur	Juges.
		DE GRAILLY, agrégé	
		DARGET, agrégé	

BORDEAUX

IMPRIMERIE-LIBRAIRIE DELMAS

6, place Saint-Christoly

1938

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE BORDEAUX



DOYEN : M. MAURIAC.

ASSESSEUR : M. LABAT.

DOYEN HONORAIRE : M. C. SIGALAS.

PROFESSEURS HONORAIRES :

MM. POUSSON, MOURE, RIVIÈRE, BARTHE, DENIGÈS, BEILLE, CASSAËT, CHAVANNAZ, PACHON, C. SIGALAS, SABRAZÈS, BÉGOUIN, DUPOUY.

PROFESSEURS :

MM.	MM.
Clinique médicale MAURIAC.	Zoologie et parasitologie MANDOUL.
id. DUPÉRIÉ.	Médecine expérimentale AUBERTIN.
Clinique chirurgicale et gynécologique GUYOT.	Clinique ophtalmologique TEULIÈRES.
Clinique chirurgicale PAPIN.	Clinique chirurg. infantile et orthopédie ROCHER.
Pathologie et thérapeutique générales CARLES.	Clinique méd. des maladies des enfants CRUCHET.
Clinique d'accouchements ANDÉRODIAS.	Chimie biologique et médicale MACHEBOEUF.
Anatomie pathol. et microscopie clinique DAMADE.	Physique médicale et pharmaceutique WANGERMEZ.
Anatomie VILLEMIN.	Médec. coloniale et clin. des mal. exotiques BONNIN.
Anatomie générale et histologie G. DUBREUIL.	Clinique des malad. cutanées et syphilitiques PETGES.
Hygiène LEURET.	Clinique des maladies des voies urinaires DUVERGEY.
Médecine légale et déontologie LANDE.	Clinique des malad. nerveuses et mentales ABADIE.
Electroradiologie et clin. d'électricité médic. RÉCHOU.	Clinique d'oto-rhino-laryngologie PORTMANN.
Chimie CHELLE.	Toxicologie et hygiène appliquée LABAT.
Botanique et matière médicale GOLSE.	Hydrologie thérapeutique et climatologie GREYX.
Pharmacie VITTE.	Clinique odonto-stomatologique DUBECQ.
Physiologie FABRE.	

MM. LACOSTE (Histologie). PÉRY (Obstétrique). PERRENS (Maladies mentales). R. SIGALAS (Parasitologie et sciences naturelles). JEANNENEY (Chirurgie générale).

AGRÉGÉS EN EXERCICE :

MM.	MM.
Anatomie DUFOUR.	Chirurgie générale LOUBAT.
id. N.	id. MASSÉ.
Physiologie N.	id. DARGET.
Médecine générale PIÉCHAUD.	id. N.
id. DELMAS-MARSALET.	Obstétrique RIVIÈRE.
id. DE GRAILLY.	Ophtalmologie BEAUVIEUX.
id. FONTAN.	Oto-rhino-laryngologie DESPONS.
id. BROUSTET.	Dermatologie et syphiligraphie JOULIA.
id. DERVILLÉE.	Physique médicale N.
id. N.	Chimie générale pharmaceut. et toxicologie N.
Chirurgie générale CHARRIER.	

COURS COMPLÉMENTAIRES :

MM.	MM.
Anatomie J. BEAUVIEUX.	Physique médicale et pharmaceut. que AURIAC.
Physiologie PETITEAU.	Médecine légale DERVILLÉE.
Médecine opératoire JEANNENEY.	Urologie DARGET.
Accouchements RIVIÈRE.	Botanique GIRARD.
Pathologie médicale DELMAS-MARSALET.	Bactériologie MOUREAU.
Puériculture FAUGÈRE.	Législation pharmaceutique POPLAWSKI.
Pharmacie galénique MESNARD.	Chimie minérale CASTAGNOU.
Zoologie et parasitologie R. SIGALAS.	

Ophtalmologie MM. CABANNES (en congé).
Orthopédie chez l'adulte, pour les accidentés du travail, les mutilés de guerre et les infirmes. N.

Le Secrétaire de la Faculté : ROUGERIE.

Par délibération du 5 août 1879, la Faculté a arrêté que les opinions émises dans les Thèses qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle entend ne leur donner ni approbation ni improbation.

A MON PERE — A MA MERE

MEIS ET AMICIS

A MONSIEUR LE PROFESSEUR RÉCHOU

*Professeur d'Electroradiologie et de Clinique d'électricité médicale,
Directeur du Centre régional de lutte contre le cancer
de Bordeaux et du Sud-Ouest,
Docteur ès Sciences,
Chevalier de la Légion d'honneur,
Croix de guerre,
Officier de l'Instruction publique.*

A MES MAITRES

A MES JUGES

A NOTRE PRESIDENT DE THESE

MONSIEUR LE PROFESSEUR WANGERMEZ

*Professeur de Physique médicale et pharmaceutique,
Radiologiste des hôpitaux,
Chef adjoint du Service de radiothérapie
et de curiethérapie du Centre anticancéreux.*

En hommage respectueux et reconnaissant pour l'honneur que vous nous avez fait en nous confiant ce travail, en nous permettant de le réaliser dans votre laboratoire, et en acceptant de présider notre thèse. En remerciement pour les conseils que vous nous avez prodigués et pour la bienveillance que vous nous avez témoignée.

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE
DE LA
CONDUCTIBILITÉ ÉLECTRIQUE DES URINES
ET DE L'ÉLIMINATION DES ÉLECTROLYTES PAR LE REIN

INTRODUCTION

La conductibilité électrique d'un liquide dépendant seulement de la quantité d'ions qu'il renferme en dissolution, sa mesure peut servir à déterminer la concentration ionique des liquides de l'organisme et ses variations physiologiques ou pathologiques.

C'est ainsi que la conductibilité électrique du sérum sanguin a été l'objet de plusieurs travaux récents : Condorelli, Dognon, Violla, qui l'ont mesurée sur des sérums normaux ou pathologiques, ont constaté qu'elle ne variait que dans de faibles proportions.

Kopaczewski, à propos de sérums syphilitiques, Merklen et Chaumerliac, à propos de sérums normaux et pathologiques, en opérant à température stable, ont montré la constance de cette propriété, et Grimberg, dans sa thèse (Paris, 1934), inspirée par Chaumerliac, a conclu de la façon suivante : « La conductivité du sérum humain, mesurée à 37 degrés, ne varie que dans des proportions insignifiantes; elle est de $146 \cdot 10^{-4}$ », et il en déduit qu'il faut admettre qu'un mécanisme régulateur dissocie ou recombine les ions des molécules quand la concentration de celles-ci varie.

La conductibilité électrique des urines chez l'homme, à notre connaissance, n'a pas été l'objet de publications de-

puis 1924, et c'est la moins étudiée de ses propriétés physiques. Assurément beaucoup moins que sa tension superficielle, sa cryoscopie, son indice de réfraction, son poids spécifique, qui ont été l'objet de nombreux travaux ayant trouvé des applications en clinique, dans la recherche des sels biliaires, dans la recherche et le dosage de la glycosurie, etc.

Voici, d'une façon succincte, l'historique de cette question: Turner, d'Edimbourg, en 1892, se servant d'un pont de Kohlrausch, procédait à de nombreuses mesures de résistivité des urines. Il lui attribuait une valeur assez stable de 45 ohms à 18 degrés, et concluait qu'elle variait plus ou moins en raison inverse de la densité. Il estimait, en outre, que l'urée jouait un rôle très faible dans la résistance de l'urine normale, et, par un certain nombre d'expériences effectuées sur des urines artificielles, montrait que la résistance dépend presque exclusivement des sels qu'elle contient en dissolution. Pour cet auteur, le taux des sels influerait sur la conductivité, tandis que l'urée agirait sur la densité, et il conclut : « La résistance peut servir à la mesure des substances chimiques actives, des sels, et principalement du chlorure de sodium; elle donne une méthode d'estimation simple et rapide de la constitution de l'urine en ces éléments. »

L'année suivante, Rolants consacrait sa thèse de pharmacie (Lille) au même sujet, et, par des mesures de ces corps en solution aqueuse à des concentrations voisines de celles existant dans l'urine, concluait que l'acide urique, les urates, l'urée, le glucose et l'albumine jouaient un rôle à peu près nul dans sa conductivité.

En 1902, Long aux Etats-Unis, en 1903, Bordier et Vocoret en France, publiaient sur ce sujet.

En 1904 Vocoret, en 1905 Kolisher, essayaient d'en tirer des conclusions cliniques. En 1921, Novoa Santos et Arijon Gende, publiaient un article dans le *Siglo medical* (Madrid). Ils y déterminent ce qu'ils ont appelé l'indice hémorénal, qui est un rapport entre les résistances en ohms du sang et de

l'urine. Ils ont effectué des mesures sur l'animal et sur l'homme.

Sur l'animal (le lapin et le chien), ils ont mesuré la conductibilité du sérum, qui s'est révélée stable et comprise entre 100 et $115 \cdot 10^{-4}$, même après ligature d'un pédicule rénal, néphrectomie unilatérale, ou néphrite expérimentale. La conductibilité électrique urinaire se trouve, par contre, augmentée dans les cas pathologiques entraînant une augmentation de l'indice.

Chez l'homme, ils constatèrent une stabilité relative du sérum sanguin et, par contre, une diminution de la conductibilité urinaire dans les cas pathologiques avec diminution de l'indice hémoréal.

Malheureusement, les variations importantes de l'indice d'un sujet normal à l'autre ne permettaient pas des applications cliniques.

Que peut-on attendre actuellement de la mesure de la conductibilité électrique des urines ?

Elle est susceptible de donner une idée de leur teneur en électrolytes, en général, et de leur degré d'ionisation, en particulier, la conductivité d'une solution étant directement fonction de sa concentration en ions libres. L'intérêt de telles mesures n'est plus à prouver, étant donné le rôle important que font jouer aux ions les théories modernes.

L'urine renferme deux catégories de substances chimiques, les unes organiques, les autres minérales.

Ces dernières sont toutes des électrolytes. Elles sont constituées par des métaux alcalins, tels que le sodium, le potassium, le magnésium, ou alcalino-terreux, tels que le calcium, unis à des radicaux d'acide sulfurique, chlorhydrique, phosphorique, et à l'état de traces d'acide iodhydrique et bromhydrique, ainsi que par une base : l'ammoniaque.

Les premières comprennent des cristalloïdes et des colloïdes.

Parmi les cristalloïdes, certains sont en partie ionisés, et par conséquent se comportent comme des électrolytes fai-

bles : ce sont des sels de l'acide acétique, oxalique ou carbonique; les autres ne sont pas conducteurs; ce sont : l'urée, l'acide urique et les urates, les acides aminés, les peptones, les amines autres que la méthylamine.

En ce qui concerne les substances colloïdales, d'ailleurs très peu abondantes, si ce n'est dans les urines pathologiques, et qui sont constituées par des albumines solubles telles que la sérine, la globuline, la mucine, l'intérêt de la méthode est moins évident. La conductibilité des colloïdes est fonction de leur charge électrique; or, celle-ci est influencée par le milieu extérieur, et en particulier par le pH. Il existe, en effet, pour chaque colloïde, dans la gamme des pH, un point, appelé point isoélectrique, pour lequel il est neutre. Sa charge électrique augmente à mesure que la réaction du milieu s'éloigne de ce point. Il y a là, en dehors de la concentration ionique, une cause de variations de la conductibilité, d'ailleurs minime, en raison du taux très faible de ces substances dans l'urine.

A l'inverse du sang, donc la conductibilité, nous l'avons vu, se révèle stable en raison de sa teneur à peu près constante en électrolytes, dont les variations en plus ou en moins se chiffrent en centigrammes pour les chlorures, ou en milligrammes pour les composés calciques, et seulement dans les cas pathologiques, la conductibilité des urines, du fait de sa teneur élevée en sels minéraux, due au pouvoir élevé de concentration des reins, subit des variations importantes d'un sujet à l'autre, la concentration en sels pouvant varier de 20 à 24 grammes pour A. Gauthier chez l'homme normal, et davantage dans les cas pathologiques.

Novoa-Santos et Arijon Gende ont trouvé des conductibilités allant de 80 à $200 \cdot 10^{-4}$. Kopaczewski, citant Hamburger, publie des chiffres allant de 137,8 à $323,9 \cdot 10^{-4}$.

Nous nous sommes attaché surtout, dans notre thèse, à mesurer ces variations en fonction de quelques facteurs physiologiques.

TECHNIQUE

I. — *Principe.*

L'étude de l'électrolyse a conduit Arrhénius à supposer que, dans toute solution aqueuse d'un électrolyte, une partie des molécules est divisée en ions. Cette dissociation dépendant des chocs moléculaires, augmente avec le nombre des molécules présentes dans la dissolution. C'est ce qui se passe pour les électrolytes forts, totalement dissociés. Pour les électrolytes faibles, Kohlrausch, Ostwald, Arrhénius, ont montré que la dilution augmentait la conductibilité, car elle augmente le nombre des molécules dissociées. Ces solutions tendent vers un équilibre qui est déterminé par la vitesse et le degré de décomposition et de recombinaison des molécules, cette dernière étant plus faible en raison de la dilution.

Si, entre deux électrodes inattaquables L_1 et L_2 , de surface s centimètres carrés, distantes de h centimètres, on établit une différence de potentiel V , les ions existant dans le liquide qui baigne ces électrodes sont attirés par elles et acquièrent une vitesse v proportionnelle à la différence de potentiel V .

Cette vitesse devient très rapidement constante et le mouvement devient uniforme en raison de la viscosité du milieu liquide.

A chaque seconde, un ion se déplace donc de v centimètres, et dans le même temps les ions, en nombre n , qui se déplacent sous l'action du champ électrique entre L_1 et L_2 , sont compris dans un cylindre de base s et de hauteur h , de

volume sh , chaque ion portant la charge élémentaire e , la quantité d'électricité transportée en 1 seconde est donc :

$$q = ne.$$

Si n_0 est le nombre d'ions existant dans 1 cm³ de solution, il vient :

$$\begin{aligned} n &= n_0 \cdot sv \\ q &= n_0 \cdot sve, \end{aligned}$$

cette quantité d'électricité transportée en 1 seconde étant par définition l'intensité i du courant :

$$i = n_0 \cdot sve.$$

Or, le nombre d'ions est proportionnel à deux facteurs :

1° Au nombre de molécules libres existant par centimètre cube de solution, et par suite au nombre de molécules-grammes dissoutes dans 1 cm³ de cette même solution, cette dernière quantité est la concentration moléculaire C ;

2° Au degré de dissociation, c'est-à-dire au pourcentage de molécules dissociées en ions, soit α .

On a donc :

$$\begin{aligned} i &= KCasve \\ \text{ou} \quad i &= K'CasVe, \end{aligned}$$

puisque v est proportionnel à V , K et K' sont des facteurs de proportionnalité. La résistance électrique de la cellule électrolytique est donc, par application de la loi d'Ohm :

$$R = \frac{V}{i} = \frac{1}{K'} \frac{1}{Casc},$$

si ρ est la résistivité de la solution :

$$R = \rho \frac{h}{s},$$

d'où :

$$\rho = \frac{1}{K'Caeh},$$

et la conductivité σ de la solution est :

$$\sigma = K'Caeh.$$

Pour une cellule déterminée, h est constant, la charge élémentaire de l'ion e l'est aussi.

Si la solution est un électrolyte fort (acides ou bases inorganiques, sels minéraux en général), α est aussi constant et en particulier indépendant de la concentration, σ est donc proportionnel à la concentration seule :

$$\sigma = KC.$$

On peut calculer K en mesurant la conductivité d'une solution de Kcl, par exemple, dont on connaît la concentration moléculaire.

Si l'on cherche à mesurer la concentration d'une solution d'électrolyte fort quelconque, on peut opérer d'une façon à peu près identique.

La solution en expérience sera introduite dans la cellule, dont on mesurera la résistance R au pnt de Kolhrausch. On mesure ensuite la résistance R_o de la même cellule remplie d'une solution de Kcl de concentration moléculaire déterminée, dont la conductivité est connue.

Comme s et h sont constants :

$$\begin{aligned} \frac{R_o}{R} &= \frac{\rho_o}{\rho} = \frac{\sigma}{\sigma_o}, \\ \frac{C}{C_o} &= \frac{R_o}{R}, \\ C &= C_o \times \frac{R_o}{R}, \end{aligned}$$

la mesure de concentration ionique se réduit à la mesure très rapide de deux résistances. La méthode s'applique rigoureusement pour une concentration quelconque dans le cas des électrolytes forts pour lesquels le degré de dissociation est indépendant de la concentration.

Pour les électrolytes faibles (acides et bases organiques), elle n'est applicable qu'aux faibles concentrations (ce qui est le cas des liquides biologiques), pour lesquelles α est voisin de 1 et presque constant dans un intervalle de concentration assez étendu. Il est par ailleurs évident que la pré-

sence dans la solution de corps organiques solubles mais non électrolysables ne modifie en rien, leur dissociation étant nulle, la concentration en ions de l'électrolyte, pas plus que la conductivité.

La méthode permet donc de déterminer sélectivement la teneur du liquide en composants électrolysables, à l'exclusion de tout autre constituant.

II. — *Mode opératoire.*

La résistance d'un conducteur est définie par la loi d'Ohm $R = \frac{E}{i}$: c'est le rapport de la différence de potentiel aux deux extrémités de ce conducteur à l'intensité du courant qui le traverse.

La résistivité ρ est la résistance de l'unité de volume. Son inverse $\frac{1}{\rho}$ constitue la conductivité λ .

Pour connaître la conductivité d'une solution, il suffirait de mesurer sa résistivité et de calculer $\frac{1}{\rho}$ mais ceci supposerait une cellule électrolytique dont les électrodes, d'une surface de 1 cm², seraient séparées par 1 centimètre. Un tel dispositif est difficile à réaliser avec une précision rigoureuse et serait sujet à se dérégler. On tourne la difficulté en plaçant la solution à mesurer dans une cellule quelconque, simple récipient en verre neutre où plongent deux électrodes inattaquables en platine, et en comparant la résistance obtenue avec celle que donne dans la même cellule une solution de CLK de conductivité connue.

En effet :

$$\text{la résistance } R = \rho \frac{l}{s},$$

$$\text{la résistivité } \rho = R \frac{s}{l},$$

$$\text{et la conductivité } \lambda = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{R} \frac{l}{s},$$

en opérant successivement avec la solution étalon de KCl et l'urine on obtient :

$$\lambda_{\text{KCl}} = \frac{1}{R_{\text{KCl}}} \times \frac{l}{s},$$

$$\lambda_{\text{urine}} = \frac{1}{R_{\text{urine}}} \times \frac{l}{s},$$

$$\frac{\lambda_{\text{urine}}}{\lambda_{\text{KCl}}} = \frac{R_{\text{KCl}}}{R_{\text{urine}}},$$

$$\lambda_{\text{urine}} = \frac{R_{\text{KCl}}}{R_{\text{urine}}} \times \lambda_{\text{KCl}},$$

la conductivité de la solution de KCl, à la température à laquelle la mesure a été effectuée, est donnée par des tables. La résistance de la solution de KCl et de l'urine se mesurent avec un pont de Kohlrausch. Il est constitué par un losange dont chaque côté est formé par une résistance. L'une est fixe (R_x); c'est la cellule électrolytique renfermant la solution à mesurer, les trois autres variables sont étalonnées.

Par deux des sommets opposés du losange, arrive un courant alternatif, afin d'éviter les phénomènes d'électrolyse dans la solution à mesurer. Les deux autres sommets sont reliés à un écouteur téléphonique. Il suffit de faire varier les résistances étalonnées jusqu'à ce que l'écouteur soit silencieux. A ce moment, la résistance à mesurer est donnée par une simple règle de trois :

$$R_x = R_2 \times \frac{R_3}{R_4}.$$

On peut simplifier l'appareil en réalisant les résistances R_3 et R_4 à l'aide d'un fil métallique le long duquel se déplace un curseur; le rapport $\frac{R_3}{R_4}$ est remplacé par $\frac{l_1}{l_2}$, c'est-à-dire par le rapport des deux longueurs de fil délimitées par le curseur.

Le dispositif classique que nous avons utilisé était constitué par un pont mensurateur fait d'un fil calibre long de 1 mètre et placé parallèlement à une règle graduée en centimètres et millimètres.

Pour avoir des mesures exactes, il faut opérer de telle sorte que le point silencieux du téléphone se trouve sensiblement au milieu du pont, qui est la zone de sensibilité maximum.

Le courant est fourni par une bobine d'induction d'un modèle courant mais isolée et placée à distance du dispositif mesureur de façon que le bruit qu'elle fournit ne gêne pas les mesures, elle est réglée de façon à obtenir une tonalité aiguë, mieux perçue que les tonalités graves, et constante, afin d'éviter les erreurs en plus ou en moins dues aux phénomènes de polarisation, qu'il est impossible de supprimer absolument.

Les liquides à mesurer sont placés dans une cellule d'Ostwald à électrodes fixes recouvertes d'une couche homogène de noir de platine, en provoquant l'électrolyse d'une solution de chlorure de platine additionnée d'acétate de plomb, précaution nécessaire pour obtenir un bon silence.

La cellule et les électrodes ayant été lavées à l'eau distillée et séchées, on y place une solution de chlorure de potassium $\frac{N}{50}$, dont la conductibilité est donnée par des tables, et on procède à une première mesure de résistance, la solution rejetée, la cellule et les électrodes sont à nouveau lavées et séchées et on procède à la mesure de la résistance des urines en expérience. La conductibilité λ est donnée par un calcul simple :

$$\lambda_{\text{urine}} = \frac{R_{\text{KCl}}}{R_{\text{urines}}} \times \lambda_{\text{KCl}}.$$

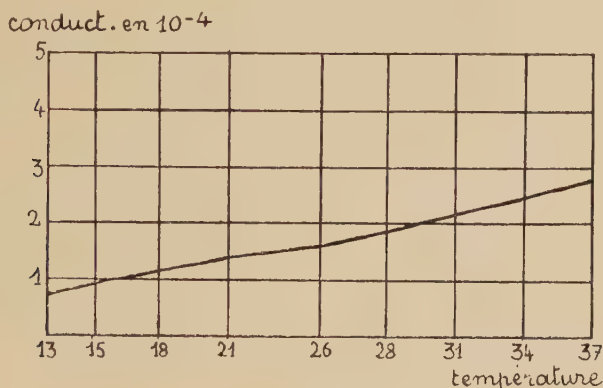
Il s'agit là d'un procédé classique sur lequel nous n'insisterons pas davantage.

Les mesures doivent être faites à température constante. Nous avons choisi celle de 37 degrés, qui a l'avantage de placer le liquide à mesurer dans une des conditions réalisées *in vivo* et de permettre la comparaison avec les mesures effectuées sur le sang.

La cuve électrolytique était placée dans ce but dans un

thermostat constitué par un récipient de laiton de grande capacité contenant de l'eau maintenue à la température convenable. Il convient d'attendre au moins cinq minutes avant de procéder aux mesures.

Faute d'opérer à température rigoureusement constante, on s'expose à des erreurs importantes, ainsi qu'en fait foi la courbe ci-dessous, qui est celle d'une urine prélevée à 14 heures.



Il est également important d'opérer sur des urines fraîches. En trente-six heures, sur une urine abandonnée à la température du laboratoire en été, nous avons vu la conductibilité passer de 349 à 480 $\cdot 10^{-4}$, la putréfaction, qui débute pour ainsi dire dès l'émission, ayant pour effet de dédoubler des corps non électrolytes en électrolytes. Par exemple, l'urée donne de l'ammoniaque, de l'acide carbonique et du carbonate d'ammonium; les acides aminés, de l'acide acétique, de l'ammoniaque et de l'acétate d'ammonium. On constate d'ailleurs à ce moment que le pH urinaire, d'acide, est devenu franchement alcalin.

VARIATIONS PHYSIOLOGIQUES DES CONSTITUANTS DE L'URINE

Nous croyons nécessaire, avant de publier les résultats de nos mesures, de rappeler l'influence de quelques facteurs physiologiques sur la constitution des urines.

Les urines sont constituées par une solution aqueuse de substances diverses toutes extraites du sang, à l'exception d'une seule : l'ammoniaque, dont le rein est capable de faire la synthèse et qui joue un rôle régulateur dans le maintien de l'équilibre acide-base et dont la production est fonction des variations du pH sanguin.

Voici la composition moyenne des urines, d'après A. Gauthier :

DENSITÉ MOYENNE : 1.020. VOLUME DES 24 HEURES : 1.200 à 1.400.	QUANTITÉ MOYENNE par kgr.	QUANTITÉ MOYENNE par 24 heures
Matières organiques : par Ko : 28 à 30 gr.; par jour : 36 à 38 gr.		
Eau	956	1.243
Urée	25,3	33
Acide urique	0,40	0,52
Acide hippurique	0,50	0,63
Créatine et créatinine	0,80	1
Xanthine et corps analogues ..	0,04	0,06
Matières colorantes extractives ..	4,5	5,8
Acides gras volatils	Très peu	Très peu
Acide oxalique	—	—
Phénols sulfates	—	—
Indoxil scatoxylsulfates	—	—
Acide paraoxyphénylacétique ..	—	—
Glucose	—	—
Mucus pepsine	—	—
Acides gras, glycérophosphates.	—	—
Sels minéraux : par Ko : 16 à 17 gr.; par jour : 20 à 21 gr.		
Chlorure de sodium	10,5	13,6
Sulfates alcalins	3,1	4,03
Phosphate calcique	0,31	0,40
Phosphate magnésique	0,43	0,58
Phosphates alcalins	1,43	1,86
Sels ammoniacaux	0,70	0,91
Acide silicique	Traces	Traces
Acide azotique	—	—

Ces chiffres, qui constituent des moyennes, sont sujets à des variations importantes. En dehors du poids corporel du sujet et des apports dus au régime alimentaire, de l'influence de la température et du système nerveux végétatif, les facteurs les plus importants sont :

a) L'AGE. — Chez l'enfant, on constate un taux d'urée sensiblement plus faible, alors que l'ammoniaque se trouve en plus grande quantité. Nous signalons ici que les mesures que nous avons effectuées ne s'appliquent qu'à des adultes.

b) L'HORAIRE. — L'ammoniaque se trouve à un taux plus élevé le matin, diminue entre 11 et 13 heures, pour s'élever ensuite et devenir à peu près constante jusqu'à 2 heures du matin. Les chlorures suivent aussi une telle variation. Les phosphates acides, dont le taux contribue pour une part essentielle au pH urinaire, sont éliminés surtout dans les urines du matin, leur taux diminue un peu dans l'heure qui suit les repas, pour augmenter de nouveau par la suite.

c) LE TRAVAIL MUSCULAIRE. — Il agit directement sur la constitution des urines en augmentant l'élimination des bases puriques, des sulfates et sulfoconjugués, du calcium, du magnésium, et surtout des phosphates et des chlorures.

Mais il retentit d'une façon beaucoup plus importante par les modifications qu'il apporte au métabolisme de l'eau, provoquant un accroissement de l'élimination sudorale et pulmonaire, diminuant ainsi la diurèse, et augmentant la concentration.

d) ETAT DU PARENCHYME RÉNAL. — Au cours des états toxico-infectieux, de l'insuffisance rénale liée ou non à des troubles circulatoires, au cours des néphrites, les constituants de l'urine peuvent se trouver retenus et l'analyse chimique montrer des taux de chlorures s'abaissant jusqu'à 4 ou 5 grammes par litre.

Nous avons pratiqué nos mesures et enregistré des variations dues aux divers facteurs ci-dessus sur des sujets à l'état de repos, après exercice modéré ou violent, après administration de diurétique et chez des cardio-rénaux au cours du traitement par la digitale.

VARIATIONS DE LA CONDUCTIBILITE AU COURS DU NYCTHEMERE

Les résultats des mesures résumées dans les tableaux ci-dessous ont été effectués sur des sujets normaux, soumis à un régime mixte. Nous avons réalisé deux séries de mesures. Les unes sur des sujets couchés (appareillés pour fracture de jambe ou de cuisse), les autres sur des sujets debout menant une vie normale, mais ne se livrant pas à un exercice physique important.

Les urines de la journée étaient recueillies en totalité, et leur volume noté en quatre fois, à 8, 11, 15 et 18 heures. Les urines de 8 heures représentant donc la totalité de celles de la nuit. Les mesures de conductivité étaient immédiatement effectuées à la température de 37 degrés.

TABLEAU I. — Sujet couché.

SUJET	HEURE DE PRÉLÈVEMENT	VOLUME DU PRÉLÈVEMENT	VOLUME DES URINES de 24 heures	CONDUCT. EN 10 ⁻⁴
1	8	440 ^{cc}	1.680	665
	11	360		514
	15	380		440
	18	500		560
2	8	525	1.585	717
	11	300		593
	15	350		433
	18	410		514
3	8	510	1.450	699
	11	380		534
	15	250		447
	18	310		514
4	8	480	1.800	690
	11	450		462
	15	440		440
	18	470		447

Nous avons constaté dans tous les cas que les urines prélevées le matin présentaient le maximum de conductibilité, celle-ci diminue au cours de la journée, pour augmenter à nouveau au moment du prélèvement de 18 heures. Cette allure cyclique s'est révélée constante chez le sujet couché.

TABLEAU II. — Sujet debout.

SUJET.	HEURE DE PRÉLÈVEMENT.	VOLUME DES URINES de 24 heures.	CONDUCT. EN 10 ⁻⁴
1	8	2.000 ^{cc}	826
	11		556
	15		419
	18		534
2	8	1.800	514
	11		556
	15		534
	18		593
3	8	1.750	757
	11		568
	15		524
	18		682
4	8	1.900	665
	11		470
	15		389
	18		426
5	8	2.100	580
	11		470
	15		413
	18		514
6	8	1.200	682
	11		665
	15		470
	18		534
7	8	1.265	699
	11		649
	15		545
	18		649

On retrouve encore dans ce tableau, d'une façon également nette, l'aspect cyclique qu'affecte la conductibilité des urines au cours de la journée. Il est cependant moins constant que chez le sujet couché.

Ces variations reproduisent celles que l'on observe dans l'épreuve de la densimétrie des urines fractionnées de Castaigne, dont voici le principe et les applications : Si l'on prélève à intervalles réguliers et suffisamment rapprochés les urines d'un sujet normal soumis à un régime fixe, ne produisant pas un effort physique anormal, et si l'on plonge dans chaque échantillon ainsi recueilli un densimètre urinaire, on constate des éliminations alternativement fortes et faibles, se traduisant par des densités allant de 1,010 à 1,030, de telle sorte que le rein normal paraît avoir des alternances de repos et de travail dans sa fonction de dépuración. Ces périodes d'activité accrues et ralenties traduisent chez le sujet sain l'élasticité fonctionnelle de l'organe, lui permettant de ne pas travailler continuellement au maximum de possibilité.

Paillard, dans ses travaux sur la densimétrie fractionnée au cours de la cure de diurèse, a constaté que le polycyclisme normal était fortement accru; d'autre part, les urines du jour sont nettement plus abondantes que celles de la nuit (ce fait étant inversé et se traduisant par de la nycturie lorsqu'il y a insuffisance de dépuración rénale).

Si, par le cathétérisme des deux uretères, on sépare les urines d'un sujet atteint de lésions étendues d'un seul rein et si l'on fait boire en quantité convenable de l'eau au malade, on constate que les urines provenant du rein sain présentent bien des densités variables au cours des mictions successives, mais que les urines du côté malade recueillies de la même façon ont des densités sensiblement les mêmes dans tous les échantillons. D'où cette conclusion que si un rein sain fonctionne à une concentration variable, un rein malade fonctionne à une concentration inférieure mais presque toujours la même, la courbe construite grâce aux densités s'oppose par sa régularité à celle du rein normal.

Signalons à ce sujet que la mesure de la conductibilité des urines séparées serait susceptible de donner de la même manière que l'analyse chimique, mais d'une façon plus

simple, la discrimination entre le rein sain et le rein malade.

Le Professeur Castaigne en a tiré les conclusions cliniques suivantes :

1° Une courbe polycyclique nette traduit un fonctionnement rénal normal;

2° Une courbe à peine ondulée, presque droite, constituée par des échantillons, tous de densité peu élevée, traduit un certain degré d'insuffisance.

Cette courbe se retrouve dans la néphrite chronique urémigène, dans la néphrite azotémique aiguë, dans l'insuffisance temporaire de dépuraison, à la suite, par exemple, de repas trop copieux, fatigue exagérée, absorption de médicaments à des doses trop fortes; il s'agit d'ailleurs, dans ce dernier cas, de troubles vite réparés, la courbe redevenant rapidement normale.

3° Une courbe à peine ondulée, presque droite, mais constituée par des chiffres de densité tous élevés, s'observe chez les sujets ayant des troubles du débit urinaire ne s'accompagnant d'aucune diminution du pouvoir de concentration du rein. On observe ce type de courbe chez les cardiaques hyposystoliques, chez certains hépatiques avec oligurie, chez la plupart des œdémateux.

On voit donc que, tout au moins en ce qui concerne le sujet normal, l'élimination des électrolytes, traduite par la conductivité urinaire, présente un rythme calqué sur celui de l'élimination moléculaire totale, que traduit la densimétrie.

CONDUCTIBILITE EN FONCTION DE LA DIURESE

Le volume des urines éliminées chaque jour par le rein n'est pas dû seulement à un facteur rénal. Il suffit pour s'en convaincre de suivre le cycle de l'eau ingérée et les différentes étapes qu'elle franchit successivement.

L'eau passe d'abord dans l'estomac, où, normalement, elle séjourne peu, arrive dans l'intestin, où l'absorption se fait vite; à moins qu'elle ne soit gênée pour des raisons mécaniques telles que l'accélération exagérée du transit intestinal ou l'engorgement de la circulation veineuse intestinale par suite d'hypertension portale.

L'eau doit ensuite traverser le foie, le cœur droit, et un certain degré d'asystolie faisant entrave à la circulation peut fausser l'absorption et la résorption de l'eau au niveau des capillaires des tissus, diminuer le volume du sang que reçoit le rein dans l'unité de temps. Le débit hydrique n'est donc pas uniquement une fonction rénale, et le volume des urines, pour toutes ces raisons, se révèle inconstant même pour un sujet normal absorbant un volume d'eau assez stable. La question est encore compliquée du fait que l'eau circulant dans l'organisme possède deux origines.

Exogène, alimentaire, provenant des boissons et des aliments ingérés, dans la proportion de 60 p. 100 environ pour les premières, et 40 p. 100 pour les seconds, elle peut avoir également une origine endogène, et résulte alors de la combustion des aliments : Magnus Lévy estime que, pour un régime mixte, il y a formation de 12 grammes d'eau toutes les fois qu'il y a production de 100 calories, elle comprend aussi l'eau des sécrétions glandulaires, servant de

véhicule à la salive, à la bile, aux sucs gastriques et pancréatiques, ainsi que l'eau de réserve contenue dans le système lacunaire et l'eau de constitution des tissus fixée par le rapport cholestérol-acide gras.

L'élimination de l'excès de cette masse hydrique est assurée en partie par le rein, en partie par l'intestin, la sueur, la respiration pulmonaire. Le rôle de ces deux derniers émonctoires pouvant être considérablement accru dans certaines conditions physiologiques (exercices physiques violents) ou pathologiques (états fébriles).

Le métabolisme des électrolytes est moins bien connu. Celui du chlorure de sodium, le plus important en quantité, a été le plus étudié sans être cependant complètement élucidé.

Un fait cependant est acquis. Les humeurs et les tissus de l'organisme contiennent une quantité de chlorures ne variant que dans des proportions extrêmement faibles à l'état normal. Le taux de chlore globulaire, et plasmatique en particulier, ne varie pas quelle que soit la richesse de l'alimentation en chlorure de sodium.

Cette fixité du taux des chlorures est assurée par 2 mécanismes, l'un physiologique, l'autre pathologique.

Le premier, chez l'individu sain, est assuré par l'excrétion urinaire. Elle se fait pour les chlorures selon le mode en échelon décrit par Widal et Pasteur-Valléry-Radot, c'est-à-dire d'une façon non pas massive, équivalente à la dose ingérée, mais d'une manière progressivement décroissante, échelonnée sur les jours qui suivent l'absorption. Accessoirement fonctionnent deux autres émonctoires, constitués par les larmes et la sueur. Ils jouent un rôle de peu d'importance.

Le second est constitué par une mise en réserve dans le système lacunaire, du chlorure de sodium, accompagnée de la rétention d'une quantité convenable d'eau. Il s'observe, mais non d'une façon exclusive, lorsque le rein présente un certain degré d'imperméabilité pour ce sel, ou tout au moins quand son seuil se trouve être relevé.

Si la rétention du sodium semble avoir, d'après ce qui précède, une action importante dans la fixation de l'eau par les tissus, les autres cristalloïdes du sang jouent également un rôle non négligeable dans ce phénomène, ne serait-ce que par le maintien de la pression osmotique du sérum, où ils tiennent une place importante à côté des protéines.

Le Professeur Achard a bien insisté sur le rôle des électrolytes autres que le chlorure de sodium, et le Professeur Mauriac, dans son ouvrage sur la pathogénie des œdèmes, estime que si le sodium joue un rôle capital dans la genèse des œdèmes, il n'est pas le seul à faire sa part. « Il existe toujours un trouble profond de l'équilibre minéral où les cathions jouent le rôle principal, parmi eux le potassium, le sodium et le magnésium, qui sont précisément les électrolytes qui commandent les conditions physico-chimiques de la perméabilité cellulaire et l'imbibition du plasma. » Et il ajoute : « Ces variations des équilibres minéraux ont leur répercussion sur d'autres facteurs : telle la liaison des lipoides et des sels protoplasmiques, d'où dépend, dans une certaine mesure, la teneur en eau de l'organisme. »

Les expériences sur l'animal confirment ces faits. Celles de MM. Achard et Gaillard, qui injectant une solution hypertonique de chlorure de sodium dans le péritoine d'un lapin, la virent se diluer rapidement par appel d'eau, ou celle de MM. Achard et Paiseau, qui, en injectant une solution concentrée de sulfate de soude dans la veine marginale de l'oreille d'un lapin, ont vu se produire un œdème de la région.

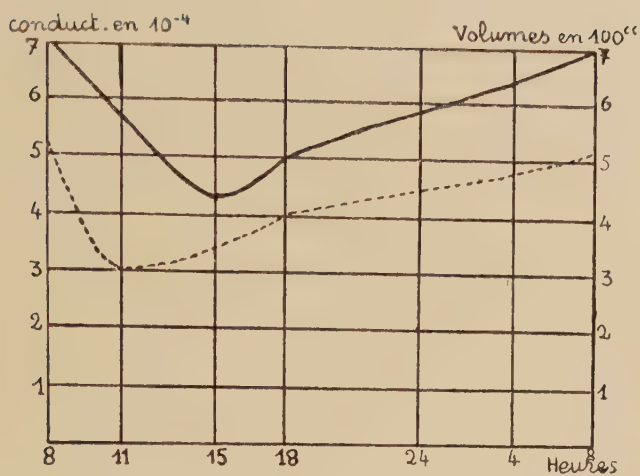
La rétention d'électrolytes allant, chez le sujet pathologique, de pair avec la rétention d'une certaine quantité d'eau, il est logique, inversement, de penser que, chez le sujet normal, l'élimination par le rein des électrolytes doit s'accompagner d'un certain volume d'eau, sous peine de voir se modifier profondément la valeur de la pression osmotique du sérum, et l'effet diurétique de l'injection intraveineuse d'une solution hypertonique le confirme. Les urines devraient donc

avoir une concentration ionique stable. C'est ce qui se passerait si le pouvoir de concentration du rein n'intervenait pas.

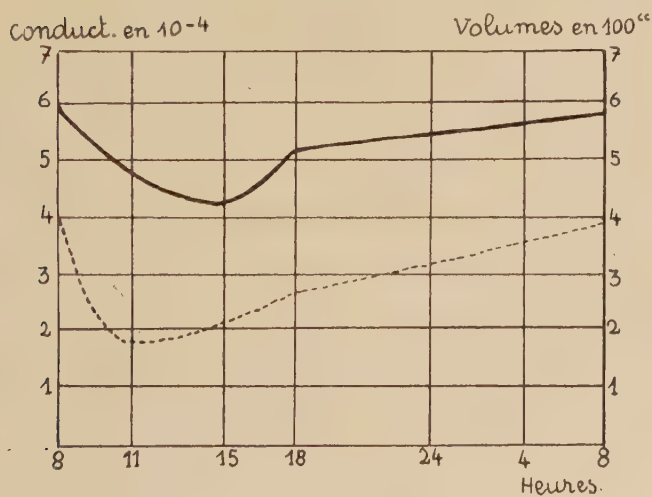
D'autres causes peuvent, certes, aussi la modifier. Ce sont les ingestions massives de chlorure de sodium ou de tout autre électrolyte ou bien un régime déchloruré à l'excès, de telles conditions ne se trouvant d'ailleurs pas réalisées d'une façon courante dans la ration alimentaire normale, et, d'autre part, le mode particulier d'élimination « en échelon » des chlorures étant susceptible, dans une certaine mesure, de neutraliser ce que les apports quotidiens peuvent avoir d'insuffisant ou d'excessif. La deuxième cause pouvant modifier cette concentration ionique est le débit de l'eau. Il est influencé, nous l'avons vu, entre autres facteurs, par la sudation et la ventilation pulmonaire, liées ou non au travail musculaire, ou aux conditions atmosphériques, mais, chez un sujet normal, ces causes entraînant, en général, une augmentation de la ration hydrique, on est en droit d'estimer à priori que, chez ce sujet, surtout si son régime est régulier et s'il ne se livre pas à un travail physique excessif, l'ionisation de ses urines et, par conséquent, leur conductibilité, doivent avoir une valeur assez stable. C'est ce que nous montrerons dans un des chapitres suivants.

Si l'on examine, par contre, les courbes de la conductibilité et des volumes de chacun des échantillons prélevés au cours d'un nyctémère, on constate qu'il en est tout autrement :

On peut constater, sur ces graphiques, qu'il existe à chaque instant de la journée un parallélisme entre le volume des urines et leur concentration ionique, celle-ci s'élevant quand la quantité des urines augmente.



COURBE I. — Sujet couché (Tableau I, sujet n° 3).



COURBE II. — Sujet debout (Tableau II, sujet n° 5).

Le trait plein correspond à la conductivité, le trait pointillé au volume.

VARIATIONS DE LA CONDUCTIBILITE URINAIRE APRES EFFORT MUSCULAIRE

Un certain nombre d'auteurs se sont attachés à étudier, provoquer et enregistrer les modifications apportées par l'effort musculaire à la composition générale des urines, et les résultats qu'ils fournissent à la suite d'analyses chimiques sont d'une extrême diversité et souvent absolument contradictoires.

Ces contradictions ne sont qu'apparentes si l'on tient compte du fait que les résultats fournis le sont dans des conditions extrêmement différentes, que l'exercice musculaire considéré n'a jamais été exactement mesuré, et, d'autre part, qu'il existe un coefficient personnel certainement important, qui dépend du degré de résistance physique soit naturelle, soit acquise à la suite d'un entraînement progressif, toutes choses susceptibles d'entraîner des réponses différentes de l'organisme. La plupart de ces mesures ont été effectuées après des efforts sportifs. Or, il est certain que beaucoup de résultats fournis par des analyses d'urine provenant de sujets venant de se livrer à une épreuve sportive ayant donné lieu à une lutte sévère, poursuivie souvent jusqu'à l'extrême limite des forces, ne doivent pas être considérés comme des résultats physiologiques, mais comme relevant d'un véritable état pathologique.

Parmi un grand nombre, nous citerons trois auteurs dont les résultats paraissent pouvoir se rattacher à trois catégories d'efforts, le premier nettement pathologique, le troisième non susceptible de provoquer une altération organique et qui, s'accompagnant d'un retour rapide à la nor-

male, pourrait être qualifié, par opposition, d'effort physiologique, et le deuxième, intermédiaire.

Deux auteurs américains, E. R. Norris et R. S. Weiser, ont pratiqué des analyses d'urine, avant et après effort, sur deux sujets sélectionnés en vue de courses à pied de longue durée et placés dans un camp d'entraînement, où ils faisaient des épreuves d'une distance de 17 milles (28 km. 322), à parcourir en un temps limité, qu'ils terminaient à bout de force, ou qu'ils étaient même parfois obligés d'interrompre (à ce moment le taux de leur glycémie se trouvait extrêmement bas, à la limite des accidents hypoglycémiques). Du côté des urines, il y avait diminution du volume et du taux de ses composants, que les auteurs mettent sur le compte d'une inhibition rénale.

Créatinine, azote total, acide urique, phosphates, chlorures, étaient en quantité diminuée; les auteurs attribuent, en particulier, la baisse du sel à son élimination par la sueur et à sa rétention dans l'organisme en vue de maintenir le taux d'hydratation. Les composants de l'urine reviennent à un taux normal après un temps variable pour chacun d'eux. La créatine après quelques minutes, l'azote total et l'acide urique après une heure environ, les chlorures après un temps extrêmement variable mais toujours assez long. Dans un cas, ils faisaient complètement défaut vingt-quatre heures après l'effort.

Un auteur belge, M. Spehl, a effectué des mesures du même ordre après une course à pied d'une distance de 7 km. 500, exercice certainement dans les possibilités physiologiques d'un sujet sain bien entraîné, mais rendu extrêmement sévère par la compétition sportive, ainsi qu'en témoigne la présence dans les urines, chez des sujets qui n'en avaient jamais eu, de cylindres épithéliaux hyalins et hyalo-granuleux. L'auteur remarque à ce propos que cette cylindrurie ne doit pas nécessairement faire penser à une poussée de néphrite, mais plutôt à une irritation rénale passagère.

Les résultats des examens d'urine effectués après la course sont les suivants : la densité moyenne est augmentée : elle est de 1,017 au lieu de 1,014 (les valeurs extrêmes étant de 1,012 à 1,020), le coefficient de Maillard $\left(\frac{\text{Azote NH}_3}{\text{Azote Am} + \text{urée}} \right)$ passe de 5,1 à 10,1; le pH baisse de 6,2 à 5,1; les phosphates et l'urée sont un peu diminués; l'ammoniaque, l'acide urique, la créatinine augmentés.

En France, MM. Carpentier et Brigaudet ont pratiqué leurs mesures sur des élèves de l'Ecole de Joinville, c'est-à-dire sur des sujets entraînés, auxquels ils faisaient pratiquer un exercice physique d'assez courte durée mais violent, consistant en une séance d'une demi-heure à la machine à ramer, le sujet se reposant et travaillant alternativement cinq minutes. Les analyses ont montré, d'une manière générale, une augmentation des phosphates qui, bien que peu élevée en valeur absolue, pouvait cependant passer du simple au double et davantage, cette élimination se faisant dans la période qui suit immédiatement le travail : une heure après, il y a déjà diminution. D'autre part, ces phosphates, qui, dans l'urine normale, sont constitués par des composés bi et tricalciques neutres à la phtaléine, sont remplacés par des phosphates monocalciques acides vis-à-vis de ce réactif.

Il s'ensuit une augmentation extrêmement nette du pH, c'est-à-dire des ions H libres. Sur un sujet présentant un pH voisin de l'alcalinite, il devient franchement acide; chez tous, l'augmentation dans le sens de l'acidité est incontestable. Les auteurs concluent en ces termes : « Les résultats de nos recherches nous permettent d'affirmer que le travail musculaire sous la forme d'un exercice physique relativement court mais assez violent augmente l'excrétion urinaire des phosphates totaux, ainsi que l'acidité qu'exprime le pH. Cette augmentation peut suivre le travail ou ne se manifester qu'une heure après; elle diminue rapidement par la suite; d'autre part, l'excrétion des phosphates trimétalliques est

COURBE III.

*Variations de la conductibilité et de la diurèse
en fonction du travail musculaire.*



La courbe des conductivités est en traits pleins;
celle des volumes est en pointillé.

réduite à une part infime, ceux-ci étant éliminés sous la forme mono ou bimétallique. »

Nos mesures ont été effectuées sur des sujets en bonne santé, suffisamment entraînés aux efforts musculaires, les

urines étaient suivies au cours de la journée, l'exercice physique consistant en une séance de culture physique d'une durée de trois quarts d'heure, suivie d'une sensation de fatigue très nette, mais se dissipant en quelques instants, sans que, par la suite, persiste une sensation de malaise. Toutes nos mesures ont donné des résultats comparables; aussi, plutôt qu'un tableau, préférons-nous tracer une courbe, les variations de la conductibilité étant ainsi plus faciles à lire. L'effort musculaire a été effectué dans la matinée, entre 9 h. 30 et 10 h. 15.

Le prélèvement de 11 heures, effectué quarante-cinq minutes après l'effort, traduit une augmentation sensible de la conductibilité, tandis que la quantité des urines diminue; au prélèvement de 15 heures, la conductibilité présente sa valeur maxima, tandis que le volume des urines commence à augmenter.

Les mesures effectuées à 18 heures montrent que la conductibilité a fortement diminué, tandis que la diurèse augmente.

Il s'agit donc là d'une élimination absolument opposée à celle du sujet au repos.

VARIATIONS DE LA CONDUCTIVITE SOUS L'ACTION DE CERTAINS DIURETIQUES

Il nous semble nécessaire de débiter par un bref rappel de quelques notions que nous empruntons à l'article publié par MM. Merklen et Jacob dans *Paris médical*, et concernant les diurétiques et leur mode d'action.

La diurèse, si l'on met à part le facteur hormonal et le rôle joué par l'hypophyse, apparaît conditionnée essentiellement par trois facteurs :

1° *Facteur humoral*. — Schématiquement, le sang peut être considéré comme une suspension d'albumines dans une solution d'électrolytes. Il en résulte, d'après la conception de Starling et toutes choses égales d'ailleurs, que l'élimination d'eau est commandée par la différence de pression qui existe entre la pression onkotique des albumines et la pression hydrostatique du sang. Celui-ci étant par ailleurs une solution de cristalloïdes qui exercent une pression osmotique propre dont l'effet s'ajoute à la pression hydrostatique.

Il y a diurèse chaque fois que la somme de la pression hydrostatique et de la pression osmotique des cristalloïdes l'emporte sur la pression onkotique des colloïdes.

2° *Facteur circulatoire*. — L'élimination rénale de l'eau et des substances est d'autant plus marquée que la tension du sang au niveau du rein est plus élevée. Elle est sous la dépendance de l'état de constriction ou de dilatation des capillaires rénaux et de l'impulsion cardiaque.

3° *Facteur rénal*. — C'est en fin de compte le plus important : c'est la plus ou moins grande activité du parenchyme

rénal qui conditionne la quantité, c'est-à-dire le débit, et surtout la composition (c'est-à-dire la concentration) des urines.

Si l'on admet, avec M. Ambard, que les glomérules sécrètent en quantité toute l'eau que représente le volume urinaire avec les sels à la concentration à laquelle ils se trouvent dans le plasma, et que les tubes urinifères excrètent le supplément de sels ou réabsorbent l'excès s'il y a lieu, c'est donc aux tubes que revient la plus large part de l'excrétion saline et c'est à eux que devront s'adresser les substances qui en augmentent le débit.

On peut distinguer trois groupes de diurétiques, selon qu'ils influencent l'un des trois facteurs ci-dessus :

1° *Substances agissant sur la composition du sang.* — Elles peuvent intervenir soit en élevant la pression hydrostatique et en provoquant de l'hydrémie, soit en augmentant la pression osmotique des cristalloïdes, soit en agissant sur les deux à la fois. Le premier mécanisme est réalisé par la simple ingestion de liquide, le deuxième par ingestion de sels, ou, ce qui revient au même, par la mobilisation des sels des tissus sous l'action de diurétiques dits interstitiels, les uns salins, tels le chlorure de calcium qui déplace dans les tissus l'ion-sodium hydropigène, et augmente ainsi l'hydrémie, les autres hormonaux (hypophyse ou thyroïde). Le troisième mécanisme est réalisé par l'injection d'une solution saline hypertonique, qui élève à la fois la pression hydrostatique et la pression osmotique des cristalloïdes.

2° *Substances agissant sur le facteur circulatoire.* — Elles sont constituées par la digitale et ses succédanés par action sur l'appareil cardio-vasculaire dans les cas où il est déficient.

3° *Substances agissant sur le facteur rénal.* — Le type en est réalisé par les corps appartenant au groupe des purines, et en particulier par la théobromine. Elles ont une action certaine mais minime, et, en définitive, de peu d'importance

sur le facteur circulatoire. Leur action est surtout directe sur l'épithélium rénal, ainsi que l'ont prouvé les expériences de perfusion sur le rein isolé, qui excluent tout facteur circulatoire et humoral. Nous n'avons réalisé qu'un petit nombre de mesures concernant l'action des diurétiques, et notre choix n'a porté que sur deux d'entre eux, notre intention n'étant pas de contrôler l'action bien étudiée et bien connue des nombreux médicaments de ce groupe et d'évaluer leur efficacité respective, mais seulement de nous rendre compte par l'action de deux d'entre eux, agissant le premier par action sur la circulation rénale, le second par action directe sur l'épithélium rénal, de l'influence que ces deux facteurs sont susceptibles de jouer sur la concentration ionique des urines.

Délaissant les diurétiques du premier groupe, qui sont susceptibles par leur présence seule de provoquer une modification de la conductibilité des urines soit en les diluant, soit en y introduisant des électrolytes, nous nous sommes adressé à ceux des groupes II et III, et d'abord à la digitaline.

Les sujets qui ont fait l'objet de nos mesures étaient des asystoliques, présentant de l'oppression, de la dyspnée d'effort avec une pression différentielle diminuée, certains même avaient de l'oligurie et de l'œdème des membres inférieurs. Ils étaient soumis, au lit, au traitement classique par la digitaline (L gouttes de la solution à 1/1.000 à doses décroissantes échelonnées sur quatre jours, nous procédions pour chacun à cinq mesures de conductivité sur les urines de vingt-quatre heures¹⁾ :

La première mesure, avant que le traitement fût institué, la deuxième au début du traitement, et il est à noter que cette mesure indique, si l'on s'en rapporte à la colonne des débits, une amélioration de l'excrétion saline, que nous mettons sur

(1) Le pont de Kohlrausch utilisé donnait pour les conductivités une marge d'erreur de 3 p. 100, nos résultats sont la moyenne de trois mesures, c'est-à-dire que, pour une conductibilité de 300, par exemple, les valeurs extrêmes susceptibles d'être trouvées sont 293,5 et 304,5.

le compte du repos dans le décubitus. La troisième mesure correspond à la fin du traitement. Les quatrième et cinquième, aux deux jours suivants :

SUJET	NUMÉRO D'ORDRE des mesures	VOLUME (Q) DES URINES de 24 heures	CONDUCT. (Q) EN 10 ⁻⁴	DÉBIT (Q Q) EN 10 ⁻⁴
1	1	0,600	303	181,8
	2	0,700	378	264,6
	3	2,300	478	1099,4
	4	1,900	401	760,9
	5	1,500	554	681
2	1	1,400	320	448
	2	1,600	384	614,4
	3	1,000	281	281
	4	1,100	419	460,9
	5	1,000	317	317
3	1	0,600	272	163,2
	2	0,700	534	373,8
	3	0,900	433	389,7
	4	0,700	545	341,5
	5	0,600	514	308,4
4	1	1,500	341	511,5
	2	2,400	384	921,6
	3	2,000	407	814
	4	2,900	299	867,1
	5	2,500	320	800

La conductibilité des urines augmente au cours du traitement, et, si l'on juge de l'action de la digitaline d'après le débit des électrolytes, on constate qu'il présente un accroissement manifeste, puis qu'il diminue à la fin du traitement, à mesure que le médicament accumulé s'élimine. On doit noter toutefois l'action incontestable du décubitus (mesures n° 2), qui, sur les sujets 2 et 4, semblé avoir eu plus d'action que le tonicardiaque.

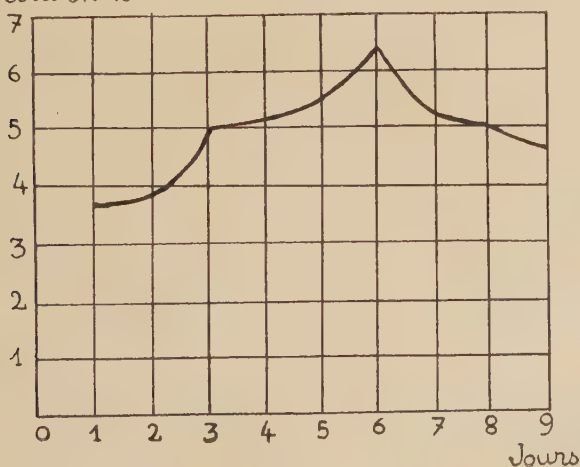
Une deuxième série de mesures a été effectuée sur des individus sains, soumis à l'action de la théobromine, diurétique du troisième groupe, c'est-à-dire à action élective sur le rein. Le sujet en absorbait 0 g. 50 par jour, sous forme de deux cachets à 0,25, pris l'un le matin, l'autre le soir pendant

trois jours consécutifs. Les mesures pratiquées consécutivement, au nombre de 9 pour chaque sujet. Les trois premières

SUJET	NUMÉRO D'ORDRE des mesures	VOLUME DES URINES de 24 heures	CONDUCT. EN 10^{-4}	DÉBIT EN 10^{-4}
1	1	11400	270	297
	2	1,100	342	376.2
	3	0,900	315	387.1
	4	0,800	506	404.8
	5	0,900	364	327
	6	0,800	461	366.8
	7	1,200	285	342
	8	1,080	295	228.6
	9	0,970	320	310.4
2	1	1,500	256	384
	2	1,500	261	391.5
	3	1,100	451	507.1
	4	1,600	318	508.8
	5	1,500	373	559.5
	6	1,600	402	643.2
	7	1,500	348	522
	8	1,550	326	505.3
	9	1,400	270	378

sur les urines des trois jours précédant l'absorption du médicament, les trois suivantes pendant que le sujet prenait le diurétique, les trois dernières après la fin du traitement.

Débîts en 10^{-4}



La concentration des électrolytes éliminés semble être peu influencée, mais, si l'on calcule le débit (conductivité multipliée par le volume des urines de vingt-quatre heures), on observe une augmentation sensible pendant les trois jours où la théobromine a été absorbée (courbe du sujet 2). Pression sanguine et parenchyme rénal semblent donc bien influencer l'élimination des électrolytes.

Nos mesures nous ayant prouvé, au cours des chapitres précédents, que la conductivité des urines était influencée par certains facteurs tels que l'heure et l'effort musculaire, nous avons pensé qu'il pouvait être intéressant de pratiquer des mesures de conductivité et de débit sur des sujets où ces facteurs accessoires seraient éliminés, afin d'essayer d'isoler partiellement le facteur rénal et de diminuer, si possible, les facteurs humoraux et circulatoires qui conditionnent avec lui la diurèse. Nous nous sommes donc adressé à des sujets normaux adultes, à jeun, au repos, et à peu près à l'état d'équilibre thermique (c'est-à-dire vêtus et placés dans une pièce chauffée à 16-18 degrés). Le sujet vide sa vessie à fond; après un certain délai, on recueille la totalité de ses urines et on note leur volume et le temps écoulé.

En présence des volumes extrêmement variables recueillis, nous pensons qu'il y aurait eu intérêt à opérer toujours dans le même temps (une heure, par exemple) et à faire absorber au sujet un volume défini d'eau, de la même manière que dans l'épreuve de la diurèse provoquée.

Sur les urines ainsi recueillies, nous avons pratiqué des mesures de conductibilité, qui ont donné les résultats indiqués dans le tableau ci-contre.

On constate, dans ces conditions, qu'il n'y a aucun rapport entre la conductibilité, qui est relativement stable, et le volume des urines. La concentration des ions éliminés par le rein ne semble pas diminuer, ou très peu, quand le volume des urines augmente, ou, au contraire, augmenter quand elles sont concentrées; dans ces conditions, le débit présente des variations importantes d'un sujet à l'autre.

SUJET	POIDS	DURÉE de L'EXPÉRIENCE en minutes	VOLUME du PRÉLÈVE- MENT en cm ³	VOLUME CALCULÉ pour 24 heures (Q) en litres	CONDUCT. EN 10 ⁻⁴ (V)	DÉBIT EN 10 ⁻⁴ (λ Q)
1	65,430	75	20	0,384	419	160
		65	18	0,398	320	127
		63	17	0,388	543	211
2	47,500	69	13	0,271	354	930
		70	30	0,566	389	220
		80	68	1,224	228	271
		85	53	1,017	353	360
3	79,500	51	43	1,212	448	542
		60	43	1,032	497	512
		60	37	0,888	424	376
		60	37	0,888	330	337
		40	45	1,620	353	573
		65	82	1,815	364	639
		60	40	0,960	409	392
4	79	85	60	1,016	325	330
		115	95	1,189	341	405
		80	75	1,350	364	491
		80	70	1,260	364	458
		35	30	1,234	386	474
		60	45	1,080	402	434
5	71,800	60	45	1,080	445	480
6	49,400	45	42	1,397	364	503
		68	71	1,503	260	390
		56	70	1,800	298	536

CONDUCTIBILITE MOYENNE DES URINES

APPLICATION CLINIQUE

Pour mesurer la conductibilité moyenne des urines d'un sujet, il est indispensable de s'adresser seulement aux urines de vingt-quatre heures. Nous avons constaté, en effet, qu'elle subissait des variations importantes pour un même individu au cours de la journée, et que sont par conséquent sans valeur et impossibles à comparer les résultats fournis par une miction fractionnée. En raison également des variations que provoque la putréfaction, les mesures doivent aussi être pratiquées sur des urines aussi fraîches que possible, dans le cas contraire il sera inutile de les effectuer. On pourra s'en assurer facilement par l'odeur qu'elles dégagent ou, en cas de doute, par la mesure de leur acidité, qui, on le sait, diminue au fur et à mesure de leur décomposition. Le pH urinaire étant normalement aux environs de 6.

Il est bon aussi de s'informer du régime suivi par le sujet. Une alimentation trop exclusivement carnée ou végétarienne, un régime trop riche en sel, retentissent forcément sur la conductivité des urines, et de même, à un degré moindre, l'absorption d'une trop grande quantité de boisson.

Le travail musculaire jouant également un rôle non négligeable, il faudra éviter que le sujet ne se soit particulièrement fatigué la veille de la récolte de l'urine. Ces précautions étant prises, la conductivité moyenne des urines présente une valeur stable.

Turner attribue aux urines une résistivité de 45 ohms à 18 degrés, soit une conductivité de 222.10^{-4} . Vocoret, une résistivité de 50 ohms à 18 degrés également, soit une

conductivité de 200.10^{-4} . En se rapportant à notre courbe de la conductivité en fonction de la température, ces valeurs se rapprochent des résultats que nous avons trouvés.

Voici les conductivités pour quelques sujets couchés ayant un régime mixte :

TABLEAU VI.

Sujet.	Volume des urines de 24 heures.	Conduct. en 10^{-4}
1	1680	534
2	1385	540
3	1450	533
4	1800	490

et pour des sujets debout, mais ne se livrant à d'autres dépenses physiques qu'une marche très modérée :

TABLEAU VII.

Sujet.	Volume des urines de 24 heures.	Conduct. en 10^{-4}
1	2000	531
2	1800	543
3	1750	620
4	1900	468
5	2100	487
6	1200	574
7	1265	631
8	1445	580
9	1630	574

Il s'agit là de résultats stables, si l'on considère que les variations portent surtout sur la troisième et la quatrième décimale.

Cette conductibilité, que l'on peut considérer pour un sujet normal comme ayant une valeur aux environs de 500.10^{-4} , subit des variations en plus ou en moins dans les cas pathologiques, et il est évident que toutes les maladies qui retiennent sur l'un des trois facteurs dont dépend la constitution des urines, c'est-à-dire, composition du sang, pression sanguine, état du rein, se traduisent par une modification de la conductibilité urinaire.

Nous n'avons pas de résultats de mesures effectuées par nous dans des cas pathologiques, mais nous n'en sommes pas moins persuadé de la valeur clinique de la méthode. Comme moyen d'explorer le métabolisme des électrolytes et, dans une moindre mesure, la valeur d'un rein, elle est susceptible de donner des renseignements intéressants au point de vue diagnostic, et peut-être davantage au point de vue pronostic, par des mesures pratiquées en série.

M. Turner, qui a pratiqué une telle méthode sur plus de 500 malades, mais dont nous ne publions pas les mesures, effectuées à 18 degrés et exprimées en ohms, s'exprime ainsi dans son article du *Lancet* : « La méthode peut servir au diagnostic et au pronostic. Elle m'est apparue comme un excellent baromètre non seulement de la valeur fonctionnelle des reins, mais aussi de l'état général. Toutes choses égales, d'ailleurs, plus la résistivité électrique est basse, plus le fonctionnement rénal est bon. Chez le malade, quand une amélioration se produit, la résistivité diminue de jour en jour, tandis qu'elle augmente si son état tend vers une aggravation. Chez un brightique chronique, la résistivité, qui était de 114, c'est-à-dire 2 fois la normale, est descendue progressivement en quatre mois à 42,5, à mesure que son état s'améliorait sous l'influence du traitement.

» Une marche analogue de la résistivité a été observée dans un cas d'anémie pernicieuse : diminutions et augmentations de la résistivité, coïncidant avec les améliorations ou les aggravations de l'état général constatables cliniquement. »

M. Vocoret a pratiqué des mesures de conductibilité. Nous rappelons que la conductibilité est l'inverse $\frac{1}{\rho}$ de la résistivité et que, par conséquent, elle augmente quand la résistivité diminue. Nous n'avons, pour notre part, également fourni que des mesures de conductibilité exprimées en mhos, pensant que des résultats progressant d'une façon parallèle à la concentration ionique étaient plus faciles à lire que des

résultats variant en raison inverse. Il a constaté que la conductivité était diminuée dans l'asystolie, la myocardite, les anévrysmes de l'aorte ascendante, l'insuffisance et le rétrécissement mitral, la néphrite chronique, la typhoïde, les néoplasmes de l'estomac avec cachexie progressive.

M. Demerliac s'est servi de la conductivité des urines pour établir un test rénal. Il admet, selon la théorie de Koranyi, que l'eau de l'urine sort par le glomérule et se trouve en partie résorbée dans les canalicules urinaires, et, d'autre part, que le ClNa filtre seul par le glomérule, les autres sels passant au niveau des canalicules, mais, à ce niveau, la solution de sel marin n'est séparée du sang que par l'épithélium canaliculaire, il s'établit un double courant osmotique, et il y a échange de molécules de chlorure de sodium avec les molécules des autres sels contenus dans le sérum sanguin. Cet échange se fait d'autant mieux que les solutions restent plus longtemps en présence, et, par suite, toute cause qui ralentira la circulation dans les canalicules amènera une diminution de la richesse des urines en ClNa et une augmentation de la teneur en autres matériaux salins, sulfates ou phosphates divers. Enfin, une altération de l'épithélium canaliculaire gênera l'osmose ou la modifiera dans un sens ou un autre.

Si l'on compare donc, à la même température, la résistivité d'une urine donnée à celle d'une solution de ClNa de concentration identique à celle de cette urine, dosée par une méthode chimique, et si l'on fait le rapport des deux valeurs trouvées, ce rapport est évidemment plus petit que l'unité.

Mais, si la fonction urinaire s'est faite normalement, avec une vitesse de circulation dans les canalicules voisine de la normale, si l'épithélium était sain, il doit être sensiblement constant et indépendant du volume des urines excrétées et de leur concentration, puisque chaque molécule de ClNa est remplacée par une autre molécule d'autre sel. Ce rapport ne peut être rigoureusement constant, car la vitesse de circulation rénale peut, à l'état physiologique, être influencée par

des excitations extérieures, par l'absorption de certains corps, etc., mais il semble qu'il doive osciller entre des valeurs voisines sans être influencé par l'âge ni le sexe tant que les tissus épithéliaux sont en bon état, car l'échange moléculaire se fait toujours de la même façon.

Ce rapport est de 0,7 avec des valeurs extrêmes, dues à des écarts de régime, à des alimentations très salées, à des libations copieuses, comprises entre 0,64 et 0,77. Il semble donc que toutes les fois que les fonctions du rein s'effectuent normalement, le rapport est voisin de 0,7, tandis que, si la circulation est trop rapide dans un rein ayant un épithélium sain, il devra se rapprocher de l'unité, les échanges se faisant mal dans un temps trop court.

Au contraire, s'il y a stase rénale, la teneur du chlorure de sodium diminue, tandis que la teneur en autres électrolytes augmente, le rapport diminue. Si l'épithélium est altéré et qu'il y ait gêne de l'échange moléculaire, le rapport se trouve augmenté. M. Vocoret, dont le travail a consisté à vérifier cet indice, l'a trouvé effectivement diminué dans les affections cardiaques et les maladies infectieuses.

Ce rapport apparaît intéressant, quoiqu'on puisse lui reprocher sa complication, puisqu'il nécessite deux mesures de conductivité, un dosage des chlorures urinaires et la préparation de solutions étalons de ClNa .

CONCLUSIONS

Au terme de notre travail, et en présence des résultats que nous ont donnés les mesures de conductibilité que nous avons effectuées sur les urines de sujets normaux, en fonction de quelques facteurs physiologiques, après les travaux déjà anciens de MM. Turner, Demerliac, Bordier, Vocoret, il nous semble possible de conclure que :

1° la mesure de conductibilité permet d'apprécier d'une façon simple et rapide la teneur des urines en sels ionisés;

2° la conductibilité subit des variations au cours du nyctémère;

3° elle est influencée par le volume des urines, augmentant quand celui-ci augmente si le sujet est au repos, augmentant quand le volume diminue si le sujet se fatigue.

4° l'effort musculaire augmente la conductibilité des urines au cours des heures qui suivent;

5° elle est influencée également par l'action des diurétiques;

6° la valeur de cette conductibilité est d'environ

$$500 \times 10^{-4}$$

chez un sujet normal, à condition d'opérer sur les urines non altérées des vingt-quatre heures, à la température de 37 degrés et en l'absence d'écarts de régime ou de fatigue excessive;

7° elle est susceptible, dans ces conditions, de donner des renseignements intéressants concernant le métabolisme des électrolytes, et de trouver son application en clinique en vue du diagnostic ou du pronostic.

SERMENT

En présence des Maîtres de cette Ecole, de mes condisciples, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine.

Je donnerai mes soins à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail. Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe; ma langue taira les secrets qui me seront confiés, et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime.

Reconnaissant envers mes Maîtres, je tiendrai leurs enfants et ceux de mes confrères pour des frères, et, s'ils devaient apprendre la médecine ou recourir à mes soins, je les instruirais et les soignerais sans salaire ni engagement.

Si je remplis ce serment sans l'enfreindre, qu'il me soit donné de jouir heureusement de la vie et de ma profession, honoré à jamais parmi les hommes; si je le viole et que je me parjure, puissé-je avoir un sort contraire.

Vu : *Le Doyen,*
PIERRE MAURIAC.

VU, BON A IMPRIMER :
Le Président,
WANGERMEZ.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :
Bordeaux, le 12 décembre 1938.
Le Recteur de l'Académie,
G. BOUSSAGOL.

BIBLIOGRAPHIE

- ACHARD. — Les échanges d'eau dans l'organisme. *Journ. méd. franç.*, juill. 1922, p. 274-280.
- ALVING et VAN SLYKE. — Significance of concentration and dilution test in bright disease. *J. clin. investigation*, 13, p. 969-998, nov. 1934.
- AMAR (J.). — Diurèse normale. *Compte rendu Acad. des sc.*, 196, p. 4694-4693, 29 mai 1933.
- Lois de la sécrétion. *Compte rendu Acad. des sc.*, 194, p. 4758-4760, 17 mai 1932.
- AMBARD. — Physiologie normale et pathologique du rein.
- La diurèse hydrique. *Journ. méd. franç.*, 19, p. 309, sept. 1930.
- AMBARD et SCHMIDT. — Explication de la diurèse à la lumière de la pression osmotique des albumines. *Compte rendu Acad. des sc.*, 186, p. 467-469, 13 févr. 1928.
- ARRHÉNIUS. — *Zeit. physik. chem.*, t. 2.
- AUBEL et MAURIAC. — Rôle des divers ions et de leur répartition dans la pathogénie des œdèmes. *Journ. de méd. de Bordeaux*, p. 802-812, 10 nov. 1927.
- BELLUC. — Rapport entre le volume des urines et la totalité des substances éliminées. *Compte rendu Acad. des sc.*, p. 273-275, 20 juill. 1936.
- BOIGEY. — Influence de l'exercice sur la sécrétion des urines. *Journ. de physiol. et pathol. gén.*, 25, p. 249-253, juin 1927.
- BORDIER et VOCORET. — Mesure de la résistivité et de la conductivité des urines. *Bull. Soc. méd. des hôp. de Lyon*, 1903, p. 443-449.

- CAMBIER (P.) et BARDOS (G.). — Composition du sang artériel après ingestion de solution saline, mécanisme de la diurèse. *Compte rendu Soc. de biol.*, 122, p. 130-132, 1936.
- CARVALLO (J.). — *Rev. gén. électr.*, 28 févr. 1925.
- CARRIÈRE (G.). — Le sang des hypertendus.
- CASTAIGNE. — Fonction de concentration des reins, leur rôle dans l'épuration de l'organisme. *Journ. méd. franç.*, p. 25, 18-30 janv. 1936.
- La diurèse hydrique et son rôle important au point de vue dépuratif. *Journ. méd. franç.*, p. 31-36, janv. 1936.
- Le ClNa de l'organisme à l'état normal et pathologique en particulier dans les maladies des reins. *Journ. méd. franç.*, p. 223, 1936.
- Pathogénie des œdèmes, les causes et le mécanisme de la rétention d'eau dans le système lacunaire. *Journ. méd. franç.*, sept. 1936, p. 299-309.
- CASTAIGNE et CHAUMERLIAC. — Densité associée à la diurèse provoquée comme test de fonctionnement rénal. *Journ. méd. franç.*, nov. 1932, p. 384-395.
- CASTAIGNE. — Densimétrie des urines fractionnée des vingt-quatre heures dans l'insuffisance rénale. *Journ. méd. franç.*, nov. 1932, p. 369-378.
- CARPENTIER et BRIGADET. — Effet du travail musculaire sur la concentration en ions H et l'élimination du phosphore. *Journ. méd. de Paris*, 12 avril 1928, p. 287-289.
- Rapports entre le travail musculaire et l'élimination des phosphates acides. *Journ. méd. de Paris*, août 1928, p. 695.
- CAMPBELL et WEBSTER. — Effect of severe muscular work on composition of urine. *Biochem. J. Cambridge*, 1922, p. 106-116.
- CHABANNIER. — Théories générales concernant l'élimination de l'eau. *Journ. de physiol. et pathol. gén.*, mars 1931, p. 62-77.
- CHANOZ. — Conductibilité électrique des liquides en général et du sang en particulier. *Arch. d'électr. méd.*, 1901, p. 413.

- CHATRON. — Equilibre acide-base. *Bull. Soc. chim. biol.*, mai 1932, p. 783.
- CLAUSIUS. — *Pogg. ann.*, t. 72, p. 294.
- CORBIN. — Testing the electric conductivity of fluids with special reference to urine. *Chicago m. Recorder*, 1903, p. 655-657.
- DARMOIS (E.). — Leçons sur la conductivité des liquides. Paris, 1929.
- DEMERLIAC. — Recherche sur la conductivité de l'urine humaine. Communication au Congrès pour l'avancement de la science, Angers, août 1903.
- DOURIS (R.) et PLESSIS (M.). — Les chlorures et les bromures du sang et de l'urine. *Compte rendu Soc. biol.*, 12 juin 1931, p. 376-378.
- ERIGUCHI. — Conductivité électrique du sérum syphilitique. *J. Kumamoto. m. soc.*, 20 déc. 1932, p. 90-92.
- GRIMBERG. — Conductivité du sérum normal et pathologique. Thèse Paris, juin 1934.
- GRENET et CHARPENTIER. — Modifications survenues dans le sang et l'urine de l'enfant après exercice. *Journ. méd. de Paris*, 12 mai 1932, p. 379-380.
- GRAM. — On the relation between conductivity and chlorides in urine. *J. clin. investigation*, Baltimore, 1924, p. 21-23.
- GROOTHUS. — *Ann. chem.*, t. 58, p. 54.
- HUMBERT et FINCK. — Test à l'hyposulfite de soude en vue de la détermination de la perméabilité rénale. *Presse médicale*, 4 avril 1928, p. 417.
- ILÉLOIN. — Essai d'application à la clinique de la volumétrie urinaire. Indice de volume et indice de débit. *Presse médicale*, 1922, p. 965-967.
- JAVAI et BOYET. — De la conductibilité des liquides de l'organisme. *Compte rendu Soc. biol.*, 1912, p. 157.
- KOPACZEWSKI (W.). — Traité de biocolloïdologie, t. 1.
- KOHLRAUSCH (F.). — *Zeit. physik. chem.*, t. 33, p. 1257.
- KOLISHER et SCHMIDT. — An attempt to use the electric conductivity of urine for medical purposes. *Illinois m. J. Springfield*, 1903, p. 318-320.

- LAMY (H.) et MAYER (H.). — Variations de concentration de quelques éléments de l'urine à la suite d'injection intraveineuse de quelques cristalloïdes. *Compte rendu Soc. biol. de Paris*, 1905, p. 663-665.
- LESAGE et DONGIER. — Résistivité électrique des sérums. *Compte rendu Acad. des sc.*, avril et juill. 1902.
- LÉVY et GALLAIS. — Les cations du sérum. *Bull. Soc. chim. biol.*, nov. 1933, p. 1330-1335.
- LEGUEU. — Valeur de la concentration des urines. *Rev. gén. de clin. et thérapeut.*, 24 juin 1933, p. 401-402.
- LECOMTE DE NOÛY. — Conductivité du sérum normal immunisé en fonction de la température. *Compte rendu Soc. biol.*, 17 juin 1932, p. 486-488.
- LONG. — On the electrical conductivity of urine in relation to its chemical composition. *J. am. chem. Soc. Easton*, P. A. 1902, p. 996-1004.
- LUMIÈRE (A.). — Colloïdes et micelloïdes.
- MAURIAC. — Pathogénie des œdèmes, confrontation de la théorie à la clinique. Masson, 1937.
- MERKLEN, BLANQUET (Mine), CHAUMERLIAC, ADNOT. — Conductivité du sérum normal et des sujets atteints d'insuffisance rénale. *Bull. mém. Soc. méd. des hôp. de Paris*, 12 févr. 1934, p. 136-139; *Presse médicale*, 3 févr. 1934.
- MERKLEN et JACOB. — Mécanisme de l'action des diurétiques. *Rev. méd. de Paris*, juill. 1934, p. 379-390.
- MORACZEWSKI. — Influence du régime sur l'élimination de diverses substances. *Journ. physiol. et pathol. gén.*, sept. 1931, p. 496-508.
- NORRIS et WEISER. — Influence of strenuous muscular exercise upon renal excretion. *Am. J. physiology*, juill. 1937, p. 642-650.
- NOVOA SANTOS et ARJON GENDE. — La conductivité électrique du sérum sanguin et de l'urine dans les conditions normales et pathologiques. *Siglo medical*, Madrid, 1921, p. 521.
- PHILIPPSON (M.). — *Compte rendu Soc. biol.*, t. 83, 1920, p. 1399.

- PORAK. — Rythme de l'élimination urinaire chez les insuffisants hépatiques. *Revue méd. et chir. des mal. du foie*, juill.-août 1935, p. 268-316.
- PAILLARD. — Densimétrie de l'urine au cours de la cure diurétique par les eaux minérales. *Journ. méd. franç.*, nov. 1932, p. 379-383.
- PASTEUR VALLÉRY-RADOT. — Test fonctionnel du rein. *Paris médical*, 17 oct. 1931, p. 321-327.
- ROLANTS. — Résistance électrique de l'urine. Thèse pharmacie, Lille, 1893.
- ROGER. — Traité de physiologie normale et pathologique, t. III.
- SPEHL. — Composition des urines après exercice. *Bruxelles médical*, 16 janv. 1938.
- TURNER. — Communication on the electrical resistance of various urine. *Proc. Roy. Soc. Edimburg*, 1891-1892.
— *Lancet*, 16 juill. 1892.
— *Edimb. med. Journ.*, 1907, p. 318-325.
- VIOLLE et WOLFF. — Influence de la diurèse sur la concentration urinaire en ions H. *Presse médicale*, 17 août 1932, p. 1272-1275.
- VIOLLE. — De l'influence de la digestion sur les éliminations urinaires. *Compte rendu Soc. de biol. de Paris*, 1921, p. 1146.
- VOCORET. — Urine et électrolytes, étude de leur résistivité, applications à l'urologie et à la biologie. Thèse Lyon, 1904.

